

AT-NO: JP405118830A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05118830 A  
TITLE: EDGE INSPECTING APPARATUS FOR OPTICAL  
CONNECTOR  
PUBN-DATE: May 14, 1993

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
SHIBANO, HIROSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
SANKYO SEIKI MFG CO LTD N/A

APPL-NO: JP03305675  
APPL-DATE: October 25, 1991  
INT-CL (IPC): G01B011/24, G01M011/00  
US-CL-CURRENT: 356/73.1

ABSTRACT:

PURPOSE: To measure the radius of the curvature of a spherical surface readily in high accuracy without damaging the convex spherical surface and the end surface of the ferrule of an optical connector.

CONSTITUTION: The Newton rings, which are generated on a convex spherical surface 2 of the edge of an optical connector 1, are latched as the image data with an image sensing means 10. The individual interference fringe is discriminated with an interference-fringe discriminating means 21. The interference fringes belonging to the same ring are combined, and the diameter of the ring is obtained with a ring-diameter detecting means 22. A radius of

curvature R is obtained with a curvature-radius detecting means 23 based on the comparison of the relative sizes of the diameters of two rings among the Newton rings. The radius of the curvature is not computed based on the single Newton ring, but the computation is performed based on the comparison of the relative sizes of two rings. Therefore, the radius of the curvature is obtained regardless of the position relationship and the like of a non-contact reference surface 9 and the ferrule edge 2 when the contact state between the interference-fringe reference surface and the ferrule edge or an interference lens is used.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-118830

(43)公開日 平成5年(1993)5月14日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 1 B 11/24	D	9108-2F		
	M	9108-2F		
G 0 1 M 11/00	U	8204-2G		

審査請求 未請求 請求項の数2(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-305675

(22)出願日 平成3年(1991)10月25日

(71)出願人 000002233

株式会社三協精機製作所

長野県諏訪郡下諏訪町5329番地

(72)発明者 柴野 寛

長野県伊那市上の原6100番地 株式会社三

協精機製作所伊那工場内

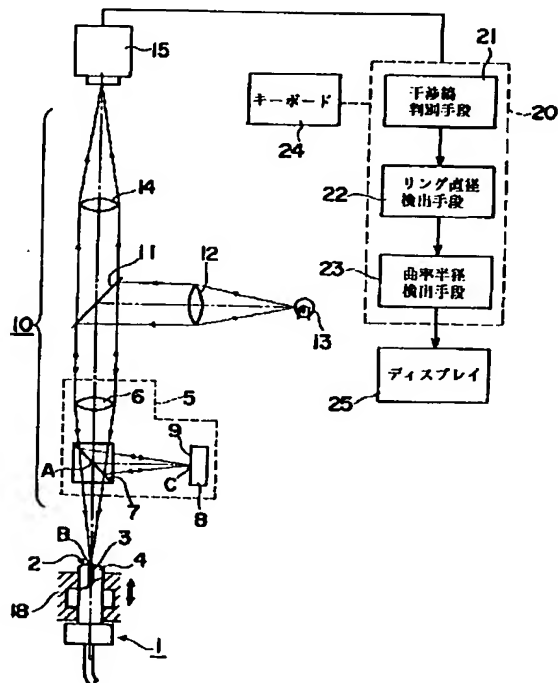
(74)代理人 弁理士 村瀬 一美

(54)【発明の名称】 光コネクタの端面検査装置

(57)【要約】

【目的】 光コネクタのフェルールの凸球面・端面を傷付けることなく容易に高精度で球面の曲率半径を測定できるようにする。

【構成】 撮像手段10によって光コネクタ1の端面凸球面2上に生じたニュートンリングを画像情報として取込み、干渉縞判別手段21で個々の干渉縞を判別すると共に同一リングに属する干渉縞同士を組合せてリング直径検出手段22でリングの直径を求め、このニュートンリングのうちの2つのリングの直径の相対的な大きさの比較から凸球面の曲率半径Rを曲率半径検出手段23で求めるようにしている。また、単一のニュートンリングから曲率半径を計算するのではなく2つのリングの相対的な大きさの比較で計算をするので、干渉縞参照面とフェルール端面との接触状態あるいは干渉レンズを用いた場合には非接触参照面9とフェルール端面2との位置関係等に左右されずに曲率半径が求められる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フェルールの中心に光ファイバを貫通させて固定し、それらの端面を凸球面に加工した光コネクタの端面形状を検査する装置において、前記光コネクタの測定対象面に発生させたニュートンリングを画像情報として取込む撮像手段と、この画像情報を解析し干渉縞を判別する干渉縞判別手段と、各ニュートンリングの直径を求めるリング直径検出手段と、前記ニュートンリングのうち任意の2つのニュートンリングの直径の相対的な比較から前記凸球面の曲率半径を求める曲率半径検出手段とから成ることを特徴とする光コネクタの端面検査装置。

【請求項2】 前記曲率半径検出手段は任意の2つのニュートンリングの直径の組合せを複数設定してそれぞれから凸球面の曲率半径を求め、更にこれらを平均して曲率半径を求めることを特徴とする請求項1記載の光コネクタの端面検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ファイバ同士を接続する際に使用される光コネクタの端面形状を検査する装置に関する。更に詳述すると、本発明は、光ファイバとこれを中心に保持したフェルールとで構成される光コネクタの球面加工された先端面の曲率半径を測定する光コネクタの端面検査装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ファイバとこれを保持したフェルールの先端面を凸球面に加工した光コネクタはコネクタ接続点での反射光の軽減と接続損失の低減が可能である。しかし、両者のうちの接続損失の低減を確実なものにするためにはフェルール中心の光ファイバに対する凸球面が規格を満す曲率半径であるか否かを検出し評価する装置も必要となる。

【0003】従来、球面フェルールの先端面の曲率半径を測定する方法としては、触針式の粗さ計または形状測定器で頂点の断面プロフィールを描かせ、それから計算によって求めることが一般的であった。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、曲率半径の測定方法では触針でフェルール先端面を傷付ける虞がある。また、測定に時間がかかったりあるいは計算点が限定され測定結果の信頼度が低くなる等の問題があった。また、別の用途を持った非常に大掛りのレーザ干渉原理を用いてそのレーザ干渉計の一部の機能として球面の曲率半径を計算させる方法も考えられるが、あまりにも設備コストが高価になるため現実的ではない。

【0005】本発明は、フェルールの凸球面端面を傷付けることなく容易に高精度で球面の曲率半径を測定して評価することができる光ファイバの端面検査装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するため、本発明は、フェルールの中心に光ファイバを貫通させて固定し、それらの端面を凸球面に加工した光コネクタの端面形状を検査する装置において、前記光コネクタの測定対象面に発生させたニュートンリングを画像情報として取込む撮像手段と、この画像情報を解析し干渉縞を判別する干渉縞判別手段と、各ニュートンリングの直径を求めるリング直径検出手段と、前記ニュートンリングのうち任意の2つのニュートンリングの直径の相対的な比較から前記凸球面の曲率半径を求める曲率半径検出手段とから構成している。

【0007】また、本発明の端面検査装置において、曲率半径検出手段は任意の2つのニュートンリングの直径の組合せを複数設定してそれぞれから凸球面の曲率半径を求め、更にこれらを平均して曲率半径を求めるようにしている。

## 【0008】

【作用】したがって、撮像手段によってXY座標上にとり込まれたニュートンリングを利用して凸球面の曲率半径Rを求めることができる。例えば、個々の干渉縞を判別すると共に同一リングに属する干渉縞同士を組合せてリングの直径を求め、このリング群のうちの2つのリングの直径の相対的な大きさと干渉光の波長から凸球面の曲率半径Rを求める。

## 【0009】

【実施例】以下、本発明の構成を図面に示す実施例に基づいて詳細に説明する。

【0010】図1に本発明に係る光コネクタの端面検査装置の一実施例をブロック図で示す。この光コネクタ1の端面検査装置は、測定対象面即ち光コネクタ1の端面（凸球面）に対し参照面9を離して非接触に配置した干渉対物レンズ5を用いた結像光学系10例えば顕微鏡によってニュートンリング28を発生させ観察するようにしている。干渉対物レンズ5は、主に対物レンズ6とビームスプリッタ7及び参照面9を形成する参照ミラー8とから構成され、測定対象面2に対し非接触となる位置例えば測定対象面2と参照面9とがビームスプリッタ7からはほぼ等距離でかつ測定対象面2のフェルール4の中心の光ファイバ3を通る中心軸に対し中心線が直交し光ファイバ3の軸と平行に参照面9が形成されるような位置に参照ミラー8が設置されている。この参照面9と測定対象面2との間に設けられたビームスプリッタ7によって、光の一部が測定対象面2に、残りの一部が参照面9に夫々照射され、それぞれの反射光の光路差によって干渉を起こしニュートンリング28を発生させる。参照面9はビームスプリッタ7から測定対象面2までの距離とほぼ同じ距離でかつ光ファイバ3の中心を通る中心軸に対し直交させるように配置しなければならないため、例えば図示していない微調整ねじ等にて参照面ミラー8

の傾き及び前後方向への位置調節が行な得るように設けられている。結像光学系10と光ファイバ3の中心線とは必しも一致していなくとも良く、顕微鏡の視野内に検査面が入っていれば良い。また、顕微鏡10の結像部分には撮像手段15としてのCCD (charge coupled device)カメラを設置してニュートンリング及び光ファイバ3を撮像するようにしている。尚、画像入力撮像手段たるCCDカメラ15の各画素毎にA/D変換をし、干渉縞を所望の階調例えば16階調の濃淡画像に変換する。

【0011】他方、顕微鏡対物部には、光コネクタ1を顕微鏡10に取付け、測定対象面2を一定位置にセットするための支持部材が設けられている。この支持部材は、例えば図2に示すように、フェルール4の外周面と接触するV溝17を有する固定ブロック18とこれにフェルール4を押しつける可動ブロック19とから成る。可動ブロック19は、固定ブロック18に対し固着されたストップピン19aをガイドとして、固定ブロック18に対し接近ないし離反移動可能に取付けられている。この可動ブロック19は、ストップピン19aと可動ブロック19との間に装着されたコイルスプリング19bによって、常時固定ブロック18に向けて付勢され、固定ブロック18との間でフェルール4を挟持する。可動ブロック19には、偏心カム16bが回転自在に取付けられ、ノブ16aの操作によって偏心カム16bを回転させるように設けられている。他方、固定ブロック18には偏心カム16bの近傍にまで延出するブラケット16が固着されている。このブラケット16に可動ブロック19側の偏心カム16bが回転して当接することによって、可動ブロック19は固定ブロック18から離れ、フェルール4を解放する。固定ブロック18は、例えば測定対象面3と対物レンズ6との距離を調整する顕微鏡10の微調整手段・上下ステージに取付けられ、上下ステージ調整のつまみ10aの操作によって上下動し、光ファイバ3を対物レンズ6に対し接近ないし離反移動させる。ここで、支持部材は、好ましくは、フェルール4の全域を固定ブロック18で支持せずに、先端側と後端側との2点の僅かな幅で支持するように設けられている。尚、図1において符号11はハーフミラー、12は集光レンズ、13は光源、14は結像レンズである。

【0012】CCDカメラ15で得られた画像情報は画像処理部20に送出され、同処理部においてニュートンリング28を判別すると共に該リングの直径を求めてから測定対象面即ちフェルール凸球面2の曲率半径Rを求めるようにしている。画像処理部20は、撮像手段15を介して入力された画像データを干渉縞を判別する干渉縞判別手段21と、前記干渉縞のリング直径を求めるリング直径検出手段22と、直径から光コネクタの凸球面の曲率半径Rを求める曲率半径算出部23とから成り、公知のコンピュータとこれを制御するプログラムソフト

とによって構成されている。コンピュータは特に図示していないが、一般には制御用プログラム等を記憶するROMと、画像データや光ファイバ位置に関する入力データなどを記憶するRAMと、少なくとも1つのCPU (中央演算処理部) 及びこのCPUを入力装置たるキーボード24や演算結果を出力する表示手段たるディスプレイ25あるいはプリンタ等に接続するためのI/Oインターフェースから構成されている。

【0013】干渉縞判別手段21は、画像データから明縞若しくは暗縞をそれぞれ認識するもので、例えば図3に示すように、ニュートンリング28と交わる或る直線上で画像データを走査してリング群を濃度・明暗の連続した変化即ち波として把握し、例えば、1画素隣の濃度が3階調以上の差を生じた場合は干渉縞による濃度変化と判断し、それ以下の濃度変化はノイズと判断することによって干渉縞を判別している。また、1つの干渉縞とその隣の干渉縞との区別については干渉縞による有効な濃度変化が1つまたはそれ以上同一方向で(例えば濃度の増加方向で)存在し、その後有効な濃度変化がない部分を過ぎてから逆方向の(濃度減少方向の)有効な濃度変化が1つまたはそれ以上同一方向で存在し、続いて更に有効な濃度変化がなくなった時に1つの干渉縞が完結したと判断し、これにより次にあらわれた増加方向の有効な濃度変化は隣の干渉縞によるものと、区別して判断していく。

【0014】リング直径検出手段22は、リング群のなかの1ないし2以上のリングの直径を求める。例えば、干渉縞判別手段21において同じ縞と判断された領域内において、同じ明るさの2点を選出すると共にその中央を干渉縞の筋の中心として求め、更に同じリングに属する縞の中心同士を組合せ、それらの間の距離を求めることによって各リングの直径が得られる。例えば、本実施例では干渉縞判別手段21において同じ縞と判断された領域内において、或る直線上での同じ明るさの2点  $s_1$  ,  $t_1$  を選出すると共にその中央  $a_1$  を干渉縞の筋の中心として求め、更に同様に同じリングに属する縞の他の中心  $b_1$  を求め、これら同士  $a_1$  ,  $b_1$  を多数組合せ、それらの間の2点間距離 ( $a_1 \cdot b_1$ ) の中心点  $Q_1$  ,  $Q_2$  , ...,  $Q_n$  から平均的中心  $Q$  を求め、更にこの中心点  $Q$  を通って先の直線とは直交する直線上で同様に同じリングに属する縞の2点の中心  $c_1$  と  $d_1$  ,  $c_2$  と  $d_2$  , ...,  $c_n$  と  $d_n$  からそれら2点間の中心点  $B_1$  ,  $B_2$  , ...,  $B_n$  を求めて平均化することによってリング中心が得られる。

【0015】また、曲率半径検出手段23は、リング群のうちの任意の2本のリングの直径と反射光の波長とから光コネクタ先端面の曲率半径Rを求めるものである。曲率半径Rの計算は、ニュートンリング28を発生させる光の波長入があらかじめわかっているため、リング半径を求めることによって容易に求められる。例えば、複

数本のニュートンリング28の中から任意の2本のリングを抽出し、それらの相対的な半径の比較から曲率半径Rを求めることができる。即ち、波長λの光のリングは、球面上において段差λ/2毎にあらわれるので、例えば隣り合う2本の縞を比較するときには、数式1によって求められる。

【0016】

【数1】 $R = \{ (r_{i+1})^2 - (r_i)^2 \} / \lambda$

1本縞を飛んで2本の縞を比較するときには、数式2によって求められる。

【0017】

【数2】 $R = \{ (r_{i+2})^2 - (r_i)^2 \} / 2\lambda$

更にn本離れた2本の縞を比較するときには、数式3によって求められる。

【0018】

【数3】 $R = \{ (r_{i+n})^2 - (r_i)^2 \} / n\lambda$

2本のリングを組合せて数式1～数式3のいずれかを用いて求められた曲率半径Rはこれだけでも凸球面の曲率半径を示しているが、好ましくは複数のリングの組合せを設定し、これらから夫々求められる曲率半径を平均することによって誤差の少ない曲率半径を求めることができる。

【0019】尚、上述の実施例は本発明の好適な実施の一例ではあるがこれに限定されるものではなく本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。例えば、本実施例では干渉対物レンズ5を用いて参照面9を測定対象面2に接触させずにニュートンリング28を発生させているが特にこれに限定されるものではなく、図示していないが測定対象面2に対しガラス板を押しつけることによって発生させたニュートンリングを利用するようにしても良い。

【0020】以上のように構成された本実施例の光コネクタの端面検査装置によると、凸球面曲率半径Rの計算は、例えば図4及び図5に示すフローチャートに基づいて実行される。

【0021】まず、準備段階として光コネクタ1を結像光学系たる顕微鏡10の支持部材の固定ブロック18と可動ブロック19との間に挟持させる。そして、上下ステージ調整つまみ10aを操作して光コネクタ1を固定ブロック18及び可動ブロック19ごと光軸方向に移動させながらニュートンリング28を発生させ、例えば、暗い縞あるいは明るい縞が2本以上発生するように調整する。

【0022】次に、ニュートンリング28の画像を入力する(ステップ31)。画像入力は撮像手段たるCCDカメラ15の各画素毎にA/D変換をし、干渉縞を例えば16階調の濃淡画像に変換してメモリする。次いで、撮像画面をXY座標に見たててXY座標における光ファイバ3の中心位置Aを入力する(ステップ32)。例えば、ディスプレイを見ながらキーボード26を操作して

光ファイバ3の中心にカーソルを合せて座標を読み取りメモリする。更に、入力された画像データが干渉縞かどうかの判別を行う(ステップ33)。例えば、メモリ画像をあらかじめ設定された或る直線上で走査し明暗の波としてとらえる。例えば、1画素隣の濃度が3階調以上の差を生じた場合は干渉縞による濃度変化と判断し、それ以下の濃度変化はノイズと判断することによって干渉縞を判別している。また、1つの干渉縞とその隣の干渉縞との区別については干渉縞による有効な濃度変化が1つまたはそれ以上同一方向で(例えば濃度の増加方向で)存在し、その後有効な濃度変化がない部分を過ぎてから逆方向の(濃度減少方向の)有効な濃度変化が1つまたはそれ以上同一方向で存在し、続いて更に有効な濃度変化がなくなった時に1つの干渉縞が完結したと判断し、これにより次にあらわれた増加方向の有効な濃度変化は隣の干渉縞によるものと、区別して判断していく。

【0023】次に、図3に示すようにして同一リングに属する干渉縞の組合せを求める。まず、各干渉縞の中心 $a_1, a_2, \dots, P, b_1, b_2, \dots, b_n$ を求める(ステップ34)。これは例えばステップ33において同じ縞と判断された領域内において同じ明るさをもった2点 $S_1, t_1$ の中心を干渉縞の中心 $a_1$ と定義することなどで求まる。具体的には同じ縞の間で同じ濃淡階調の画素を捜し、その画素の間の中央を干渉縞の中央とする。同様にして他のニュートンリングを構成する干渉縞の各々の中心点 $a_2, a_3, \dots, P, b_1, b_2, \dots$ を求める。次いで同じリングに属する干渉縞の組合せを求める(ステップ35)。図3より明らかなように、各点の座標値より隣なる中心点間同士の長さ( $a_2 \cdot a_3$ ), ( $a_1 \cdot a_2$ ), ( $P \cdot a_1$ ), ( $P \cdot b_1$ ), ( $b_1 \cdot b_2$ )を求めると、( $P \cdot a_1$ ) = ( $P \cdot b_1$ ) = 最大で( $P \cdot a_1$ ) > ( $a_1 \cdot a_2$ ) > ( $a_2 \cdot a_3$ )となることから $a_1$ と $b_1$ が同一リング上にあると判断して組合せる。次に、任意のリング例えば最も内側のリング間 $a_1, b_1$ の中心点 $Q_1$ を求め、同様にして $a_2, b_2$ から $Q_2, a_3, b_3$ から $Q_3, \dots, Q_n$ を求め、それらの座標値の平均から平均的中心Qを求める(ステップ36)。ただし、QはPと重なることもあるが常に一致するとは限らない。このときQを通りステップ33での走査方向と直角をなす直線は平均的にリング群の中心を横切る位置にあることになる。Qを通りステップ33での走査方向と直角をなす方向で再びニュートンリング28を走査する(ステップ37)。そして、ステップ34～36と同様にして、各干渉縞の中心(即ち波の山又は谷の中心) $c_1, c_2, \dots, B_0, d_1, d_2, \dots, d_n$ を求め(ステップ38)、同一リング上にある中心点 $c_1$ と $d_1, c_2$ と $d_2, \dots, C_n$ と $d_n$ の組合せを行い(ステップ39)、同一リング上の干渉縞の中心間距離( $c_1 \cdot d_1$ ),

( $c_2 \cdot d_2$ ), ..., ( $C_n \cdot d_n$ )を求める(ステップ40)。このとき、走査する直線はステップ33~36で求められた点Q即ちニュートンリング28と交わる弦の中心を通りかつ弦と直交しているためリング群の中心を横切っていることから、各々の明リングの直径を求めたことになる。

【0024】次いで、凸球面の曲率半径Rの計算を行う。凸球面2の曲率半径Rの計算は、ニュートンリング28を発生させる光の波長 $\lambda$ があらかじめわかっているため、リング半径を求めることによって求められる。ステップ40で求められた( $c_1 \cdot d_1$ ), ( $c_2 \cdot d_2$ ), ..., ( $C_n \cdot d_n$ )の距離即ち各リングの直径を2分して各リングの半径を求める(ステップ41)。そして、各リング半径の値から任意の2本の半径を用いて曲率半径Rを計算する(ステップ42)。この場合、例えば隣なる任意の2本の明縞を抽出し、数式4によるそれらの相対的な半径の比較から曲率半径Rを求める。

【0025】

$$\text{【数4】 } R = \{ (r_{i+1})^2 - (r_i)^2 \} / \lambda$$

この曲率半径Rは、更に抽出する2本のリングの組合せを変え、それを平均することによって求められる。次にステップ42で求められた曲率半径Rをディスプレイに表示する(ステップ47)。そして、リターン(ステップ48)で終了する。

【0026】

【発明の効果】以上の説明より明らかなように、本発明の光コネクタの端面検査装置は撮像手段によって凸球面上に生じたニュートンリングを画像情報として取込み、個々の干渉縞を判別すると共に同一リングに属する干渉縞同士を組合せてリングの直径を求め、このニュートンリングのうちの2つのリングの直径の相対的な大きさの比較から凸球面の曲率半径Rを求めるようにしたので、触針でフェルール端面を傷付けることがない。また、単

一のニュートンリングから曲率半径を計算するのではなく2つのリングの相対的な大きさの比較で計算をするので、干渉縞参照面とフェルール端面との接触状態あるいは干渉レンズを用いた非接触参照面とフェルールとの位置関係等に左右されずに曲率半径が求められる。更に、視野中の複数のリングをすべて使って計算するので、信頼性の高い測定結果が得られ、測定値の再現性も高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光コネクタの端面検査装置の一実施例を示すシステム構成図である。

【図2】図1のシステム構成における顕微鏡対物部の概略説明図で、(A)は干渉対物レンズを、(B)は支持部材を示す。

【図3】ニュートンリングの直径及び中心を求める方法の説明図である。

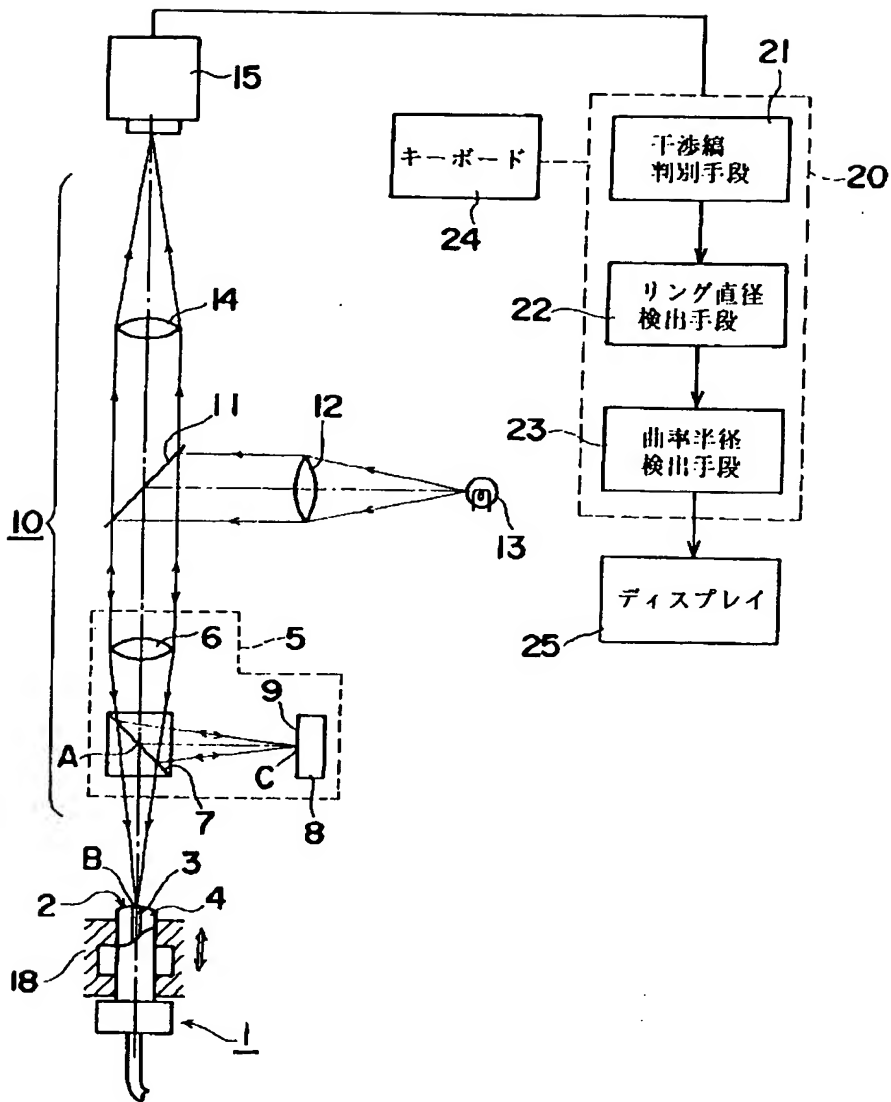
【図4】本発明の光コネクタの端面検査装置のフローチャートの一部である。

【図5】本発明の光コネクタの端面検査装置のフローチャートの続きである。

【符号の説明】

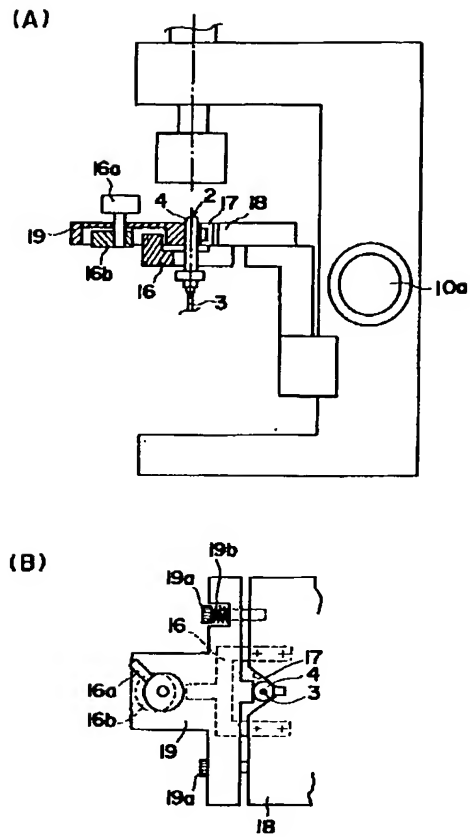
- 1 光コネクタ
- 2 測定対象面
- 3 光ファイバ
- 4 フェルール
- 10 結像光学系
- 15 撮像手段
- 18 支持部材を構成する固定ブロック
- 19 支持部材を構成する可動ブロック
- 21 干渉縞判別手段
- 22 リング直径検出手段
- 23 曲率半径検出手段
- 28 ニュートンリング

【図1】

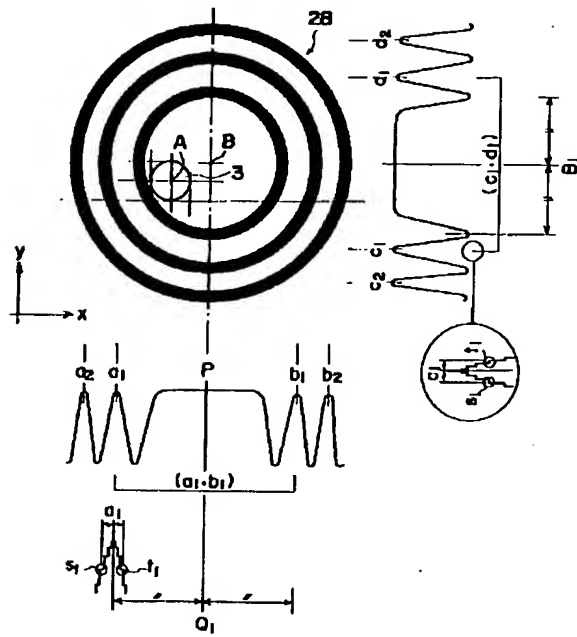




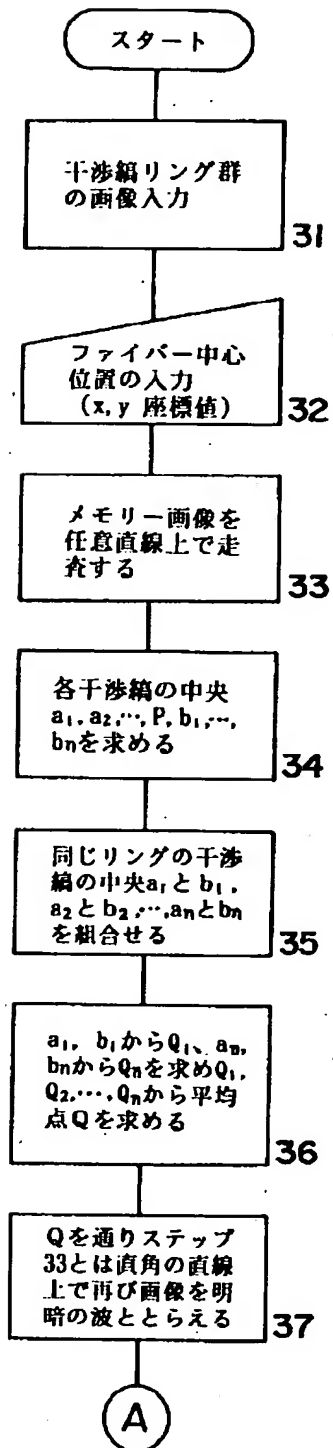
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

